

## PENGOLAHAN MINYAK PELUMAS BEKAS MENGGUNAKAN METODE *ACID CLAY TREATMENT*

Yuzana Pratiwi<sup>1)</sup>

### Abstrak

Limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) yang semakin meningkat dikhawatirkan menimbulkan dampak yang lebih luas terhadap kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan hidup. Salah satu limbah B3 yang perlu mendapatkan penanganan khusus karena dihasilkan dalam jumlah yang tinggi di masyarakat adalah minyak pelumas bekas. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode pengolahan yang dapat mereduksi zat pencemar yang ditimbulkan oleh minyak pelumas bekas, salah satunya adalah metode *Acid Clay Treatment*. Pengolahan yang dilakukan bertujuan untuk menentukan kondisi terbaik dalam penurunan logam berat timbal (Pb) pada pengolahan minyak pelumas bekas dengan metode *Acid Clay Treatment* dan untuk mengkaji penurunan kadar Pb yang terkandung pada minyak pelumas bekas. Adsorben yang digunakan adalah kaolin yang telah diaktivasi dengan asam sulfat. Pengolahan minyak pelumas bekas ini menggunakan tiga variasi, yaitu variasi konsentrasi adsorben, variasi waktu kontak, dan variasi tingkat keasaman (pH). Hasil pengujian pengolahan minyak pelumas bekas menunjukkan bahwa kondisi terbaik penurunan kadar Pb pada 150 ml minyak pelumas bekas terdapat pada konsentrasi adsorben 10 gram, waktu kontak 60 menit, dan pH 4,4. Efisiensi penurunan kadar Pb yang didapat dengan menggunakan metode *Acid Clay Treatment* dari kondisi terbaik adalah sebesar 56,71 %.

**Kata-kata kunci:** limbah B3, *acid clay treatment*, kaolin, timbal

### 1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman, teknologi yang digunakan oleh manusia akan semakin berkembang pula. Kemajuan teknologi belakangan ini memberikan masalah yang kompleks terhadap lingkungan, baik terhadap lingkungan hayati maupun lingkungan nonhayati. Setiap proses produksi selalu menghasilkan sisa-sisa produksi atau limbah.

Limbah yang dihasilkan oleh suatu kegiatan baik industri maupun nonindustri seringkali kurang mendapat perhatian dalam masalah penanganannya.

Limbah pada dasarnya memerlukan perhatian yang khusus, terutama limbah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun atau yang lebih dikenal dengan limbah B3. Di Indonesia, masalah limbah B3 mulai diangkat sebagai masalah dari dampak kemajuan teknologi dan industri yang berkembang (Azhari, 1998).

Limbah B3 yang semakin meningkat dikhawatirkan menimbulkan dampak yang lebih luas terhadap kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan hidup. Limbah B3 merupakan ancaman bagi kesehatan dan lingkungan, sehingga memerlukan penanganan khusus untuk mengurangi atau menghilangkan bahaya.

1) Alumnus Prodi Teknik Lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

Salah satu limbah B3 yang perlu mendapatkan penanganan khusus karena dihasilkan dalam jumlah yang tinggi pada masyarakat adalah minyak pelumas bekas. Minyak pelumas bekas dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia seperti perindustrian, pertambangan, dan perbengkelan. Minyak pelumas bekas termasuk dalam limbah B3 yang mudah terbakar dan meledak sehingga apabila tidak ditangani pengelolaan dan pembuangannya maka akan membahayakan manusia dan lingkungan (P3KNLH, 2008a).

Minyak pelumas bekas mengandung beberapa logam berat, salah satunya yaitu Pb (timbal). Kontaminasi logam berat terutama Pb menjadi permasalahan di lingkungan saat ini. Hal ini terjadi karena keberadaannya di alam, akumulasi dari Pb yang sampai pada rantai makanan, serta menyebabkan pencemaran pada tanah, air, dan udara (P3KNLH, 2008b).

Dengan memperhatikan permasalahan di atas maka diperlukan suatu teknologi lingkungan yang dapat mereduksi zat pencemar yang ditimbulkan oleh minyak pelumas bekas. Salah satu teknologi lingkungan yang dapat digunakan untuk mengolah minyak pelumas bekas yaitu *refining*. *Refining* memiliki beberapa metode pengolahan, salah satunya yaitu *acid clay treatment*. *Acid clay treatment* adalah suatu metode pengolahan yang digunakan pada minyak pelumas bekas dengan menggunakan penambahan asam dan lempung di dalam prosesnya (Francois, 2006).

Penelitian ini dilakukan agar dapat diaplikasikan untuk mengolah limbah minyak pelumas bekas yang saat ini jumlahnya semakin meningkat, sehingga diharapkan dapat menurunkan kadar zat-zat pencemar yang terdapat di dalamnya agar pencemaran lingkungan yang merugikan dapat dicegah. Tujuan penelitian ini adalah menentukan kondisi terbaik dalam penurunan Pb pada pengolahan minyak pelumas bekas dengan metode *acid clay treatment* dan untuk mengkaji penurunan kadar Pb yang terkandung pada minyak pelumas bekas.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 B3 dan Limbah B3

B3 adalah bahan yang karena sifat dan atau konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan atau merusak lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

Definisi limbah B3 berdasarkan Pasal 1 Ayat (2) Peraturan Pemerintah no. 18/1999 adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain.

### 2.1.1 Jenis dan Sumber Limbah B3

Jenis limbah B3 menurut sumbernya meliputi :

- a) Limbah B3 dari sumber yang tidak spesifik, yaitu limbah B3 yang bukan berasal dari proses utamanya, tetapi berasal dari kegiatan pemeliharaan alat, pencucian, pencegahan korosi (inhibitor korosi), pelarutan kerak, pengemasan, dan lain-lain.
- b) Limbah B3 dari sumber spesifik, yaitu sisa proses suatu industri atau kegiatan yang secara spesifik dapat ditentukan berdasarkan kajian ilmiah.
- c) Limbah B3 dari bahan kimia kadaluarsa, tumpahan, bekas kemasan, buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi.

### 2.1.2 Karakteristik Limbah B3

Karakteristik limbah B3 adalah

- a) Mudah meledak, yaitu limbah yang apabila pada suhu dan tekanan standar (25°C, 760 mmHg) dapat meledak atau melalui reaksi kimia dan atau fisika dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi yang dengan cepat dapat merusak lingkungan sekitarnya.
- b) Mudah terbakar, adalah limbah yang mempunyai salah satu sifat yaitu :
  - (1) limbah yang berupa cairan yang mengandung alkohol kurang dari 24% volume dan atau pada titik nyala tidak lebih dari 60°C

(140°F) akan menyala apabila terjadi kontak dengan api, percikan api, atau sumber nyala yang lain pada tekanan udara 760 mmHg;

- (2) limbah yang bukan merupakan cairan yang pada temperatur dan tekanan standar (25°C dan 760 mmHg) dapat mudah menyebabkan kebakaran melalui gesekan, penyerapan uap air atau perubahan kimia secara spontan dan apabila terbakar dapat menyebabkan kebakaran yang terus menerus dalam 10 detik;
- (3) merupakan limbah yang bertebaran dan mudah terbakar;
- (4) merupakan limbah pengoksidasi.
- c) Bersifat reaktif, adalah limbah yang mempunyai salah satu sifat berikut:
  - (1) limbah yang pada keadaan normal tidak stabil dan dapat menyebabkan perubahan tanpa peledakan;
  - (2) limbah yang dapat bereaksi hebat dengan air;
  - (3) limbah yang apabila bercampur dengan air berpotensi menimbulkan ledakan, menghasilkan gas, uap atau asap beracun dalam jumlah yang membahayakan untuk kesehatan manusia dan lingkungan.
- d) Beracun, yaitu limbah yang mengandung pencemar yang bersifat racun untuk manusia maupun lingkungan yang dapat menyebabkan

kematian atau sakit yang serius apabila masuk ke tubuh melalui pernafasan, kulit, atau mulut.

- e) Menyebabkan infeksi, adalah limbah yang berasal dari bagian tubuh manusia yang diamputasi dan cairan dari tubuh manusia yang terkena infeksi, limbah dari laboratorium atau limbah lainnya yang terinfeksi kuman penyakit yang dapat menular.
- f) Bersifat korosif, yaitu limbah yang mempunyai salah satu sifat sebagai berikut:
  - (1) menyebabkan iritasi (terbakar) pada kulit;
  - (2) menyebabkan proses pengkaratan pada lempeng baja (SAE 1020) dengan laju korosi lebih besar dari 6,35 mm/tahun dengan temperatur pengujian 55°C;
  - (3) mempunyai  $\text{pH} \leq 2$  untuk limbah bersifat asam dan  $\geq 12,5$  untuk yang bersifat basa.

## 2.2 Pelumas

Pelumas (*lubricant*) atau yang sering disebut oli adalah suatu bahan (biasanya berbentuk cairan) yang berfungsi untuk mereduksi keausan antara dua permukaan benda bergerak yang saling bergesekan. Suatu bahan cairan dapat dikategorikan sebagai pelumas jika mengandung bahan dasar (bisa berupa *oil based* atau *water/glycol based*) dan paket aditif (Anonim, 2007).

### 2.2.1 Jenis Pelumas

Pelumas dapat dibedakan jenisnya berdasarkan bahan dasar (*base oil*), bentuk fisik, dan tujuan penggunaan (Anonim, 2007).

### 2.2.2 Kontaminan Pelumas

Minyak pelumas bekas memiliki tinggi nilai abu, residu karbon, bahan *asphaltenic*, logam, air, dan bahan kotor lainnya yang dihasilkan selama jalannya pelumasan dalam mesin (Nabil, 2010).

## 2.3 Refining

*Refining* adalah proses membersihkan atau mengeluarkan kotoran, dari suatu zat, material, atau bentuk, contohnya dari minyak atau logam, gula, dan lain-lain. *Refining* dapat pula diartikan sebagai pemurnian kembali limbah minyak, contohnya minyak pelumas bekas, yang telah dikenakan pengolahan fisik dan kimia yang bertujuan memulihkan sifat minyak dasar atau dengan aditif pada proses akhirnya.

### 2.4 Acid Clay Treatment

*Acid Clay Treatment* adalah salah satu metode pengolahan dalam teknologi *refining* yang digunakan pada minyak pelumas bekas dengan menggunakan penambahan asam kuat dan lempung di dalam proses pengolahannya. Asam kuat yang biasa digunakan pada metode ini adalah Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

## 2.5 Kaolin

Kaolin merupakan lempung dengan kandungan besi yang rendah dan umumnya berwarna putih atau agak keputihan. Kaolin mempunyai komposisi Hidrous Alumunium Silikat ( $2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ), dengan disertai beberapa mineral penyerta.

Sifat-sifat fisik kaolin, yaitu:

- kekerasan 2 – 2,5;
- berat jenis 2,6 – 2,63;
- plastis;
- mempunyai daya hantar panas dan listrik yang rendah; dan
- pH bervariasi.

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berupa percobaan yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura, dan Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

### 3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *beaker glass*, corong *glass*, gelas ukur, pipet ukur, neraca Ohaus, pengaduk magnet (*magnetic steerer*) dan *hot plate*, *centrifuge*, oven, *jar test*, ayakan 120 mesh, dan pH meter.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu minyak pelumas bekas bengkel, kaolin cap kala, asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 2M

dan 0,2M;  $\text{BaCl}_2$  0,5M; NaOH, Akuades, dan kertas saring *Whatman* No.41.

### 3.2 Prosedur Penelitian

#### 3.2.1 Preparasi Kaolin

Preparasi yang dilakukan sebagai berikut:

- Kaolin dioven hingga kering.
- Kaolin lalu digerus dan diayak menggunakan ayakan 120 mesh.
- Kaolin yang telah lolos ayakan tersebut kemudian sebanyak 25 gram dimasukkan ke 400 mL akuades, lalu diaduk selama 24 jam dengan pengaduk magnet.
- Setelah diaduk 24 jam dengan pengaduk magnet, sampel kemudian disentrifuse dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit.
- Sedimen yang terbentuk dipisahkan dari suspensinya, kemudian dikeringkan di dalam oven pada temperatur  $110^\circ\text{C}$  selama 6 jam.
- Sampel yang telah kering digerus dan diayak dengan ayakan 120 mesh.

#### 3.2.2 Aktivasi Kaolin

Aktivasi kaolin dilakukan sebagai berikut:

- Sebanyak 25 gram kaolin didispersikan ke dalam 100 mL larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,2 M sambil diaduk dengan pengaduk magnet.
- Aktivasi dilakukan selama 24 jam, kemudian disaring dan dicuci

menggunakan akuades yang telah dipanaskan.

- Pencucian dilakukan berulang kali hingga kaolin terbebas dari ion Sulfat.
- Pencucian dihentikan jika filtrat ditetesi dengan larutan  $\text{BaCl}_2$  tidak terbentuk endapan putih dari  $\text{BaSO}_4$ .
- Kaolin yang telah dicuci lalu dikeringkan dalam oven pada suhu  $100-110^\circ\text{C}$ .
- Lempung yang telah kering kemudian digerus dan diayak menggunakan ayakan 120 mesh. Padatan selanjutnya dipanaskan pada suhu  $200^\circ\text{C}$  selama 5 jam.

### 3.2.3 Pengolahan Minyak Pelumas Bekas

Pengolahan minyak pelumas dilakukan sebagai berikut:

- Sebanyak 10 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2M dimasukkan ke 200 mL minyak pelumas bekas, kemudian diaduk menggunakan *jar test* dengan kecepatan 150 rpm selama 5 menit.
- Sampel yang telah diaduk diambil filtratnya sebanyak 150 mL.
- Kemudian dimasukkan adsorben berupa kaolin yang telah diaktivasi, lalu diaduk dengan *jar test*.
- Untuk variasi adsorben, dimasukkan sebanyak 2,5 gram pada sampel pertama (A1), 5 gram pada sampel kedua (A2), dan 10 gram pada sampel ketiga (A3). Kemudian sampel diaduk

dengan *jar test* dengan kecepatan 100 rpm selama 15 menit.

- Untuk variasi waktu kontak, 10 gram adsorben yang telah dimasukkan ke tiga sampel diaduk dengan *jar test* dengan kecepatan 100 rpm, pada waktu masing-masing 15 menit untuk sampel pertama (W1), 30 menit untuk sampel kedua (W2), dan 60 menit untuk sampel ketiga (W3).
- Untuk variasi tingkat keasaman (pH), sebelum dimasukkan adsorben, ditambahkan NaOH sebanyak 1 mL pada sampel kedua (P2) dan 2 mL pada sampel ketiga (P3). Sedangkan untuk sampel pertama (P1) tidak dilakukan penambahan NaOH. Kemudian dimasukkan masing-masing 10 gram adsorben, lalu diaduk dengan *jar test* dengan kecepatan 100 rpm selama 15 menit.
- Masing-masing sampel yang telah dilakukan pengolahan, kemudian diambil filtratnya sebanyak 100 mL untuk diuji kadar Pb-nya.

### 3.2.4 Penentuan Efisiensi Penurunan Kadar Pb

Untuk mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi zat pencemar Pb pada minyak pelumas bekas, dalam penelitian ini digunakan rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

di mana

Tabel 1. Penurunan kadar Pb dengan variasi konsentrasi adsorben pada pengolahan minyak pelumas bekas dan pengulangannya

Nama sampel	Konsentrasi adsorben	Kadar Pb (ppm)		
		Ulangan I	Ulangan II	Rata-rata
A1	2,5 gram	4,7981	4,7820	4,7901
A2	5 gram	4,7844	4,7710	4,7777
A3	10 gram	4,7747	4,7641	4,7694

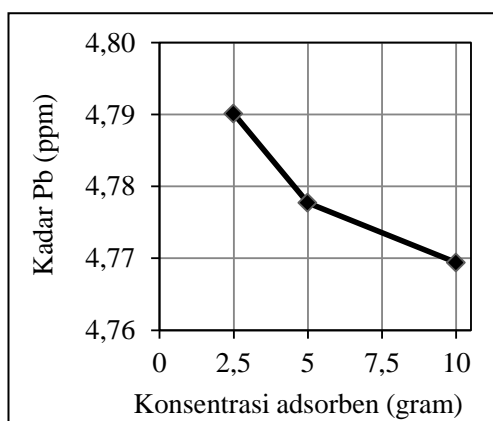
$E$  : efisiensi  
 $C_0$  : konsentrasi awal  
 $C_1$  : konsentrasi akhir.

#### 4. ANALISIS HASIL PENELITIAN

##### 4.1 Variasi Konsentrasi Adsorben

##### 4.1.1 Penentuan Kondisi Terbaik

Pada Tabel 1 dan Gambar 1 dapat dilihat *trend* rata-rata kadar Pb yang dibentuk dari ulangan I dan ulangan II.



Gambar 1. Grafik penurunan kadar Pb terhadap variasi konsentrasi adsorben pada pengolahan minyak pelumas bekas dan pengulangannya

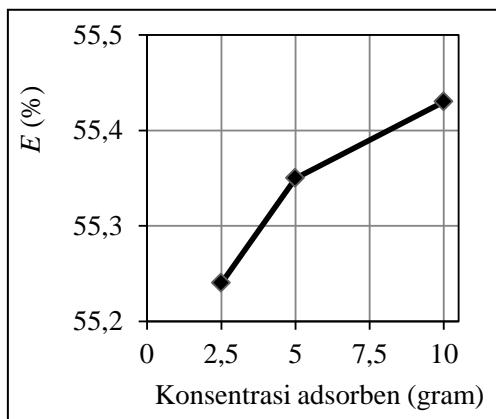
Kemampuan penyerapan Pb oleh adsorben terus bertambah seiring meningkatnya konsentrasi adsorben. Hal ini disebabkan semakin besar massa adsorben maka luas permukaan kontakannya semakin besar, sehingga semakin banyak adsorbat yang terserap (Fatha, 2007). Semakin tinggi dosis adsorben menyebabkan semakin tinggi tingkat penyisihan logam terlarut (Suprihatin dan Indasti, 2010).

##### 4.1.2 Efisiensi Penurunan Kadar Pb

Dari Tabel 2 dan Gambar 2 dapat dilihat peningkatan nilai  $E$  (efisiensi) terhadap variasi konsentrasi adsorben pada pengolahan minyak pelumas bekas yang telah dilakukan. Hal ini disebabkan konsentrasi adsorben mempengaruhi proses adsorpsi.

Tabel 2. Efisiensi penurunan kadar Pb berdasarkan variasi konsentrasi adsorben

Nama sampel	Konsentrasi adsorben (gram)	$E$ (%)
A1	2,5 gram	55,24
A2	5 gram	55,35
A3	10 gram	55,43



Gambar 2. Grafik  $E$  terhadap variasi konsentrasi adsorben

## 4.2 Variasi Waktu Kontak

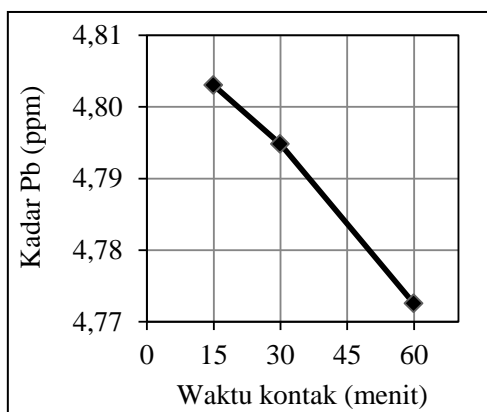
### 4.2.1 Penentuan Kondisi Terbaik

Pada Tabel 3 dan Gambar 3 dapat dilihat *trend* rata-rata kadar Pb yang dibentuk dari ulangan I dan ulangan II. Kemampuan penyerapan Pb oleh adsorben terus bertambah seiring meningkatnya waktu kontak. Hal ini disebabkan semakin lama waktu reaksinya maka adsorbat yang diadsorpsi atau yang terikat akan semakin banyak

dan proses adsorpsi akan semakin efektif (Oscik, 1992). Semakin lama logam dikontakkan dengan adsorben maka akan semakin banyak penyerapan yang terjadi (Ramadhan dan Handajani, 2010).

### 4.2.2 Efisiensi Penurunan Kadar Pb

Dari Tabel 4 dan Gambar 4 dapat dilihat peningkatan  $E$  terhadap variasi waktu kontak pada pengolahan minyak pelumas bekas yang telah dilakukan. Hal ini



Gambar 3. Grafik penurunan kadar Pb terhadap variasi waktu kontak pada pengolahan minyak pelumas bekas dan pengulangannya

Tabel 3. Penurunan kadar Pb dengan variasi waktu kontak pada pengolahan minyak pelumas bekas dan pengulangannya

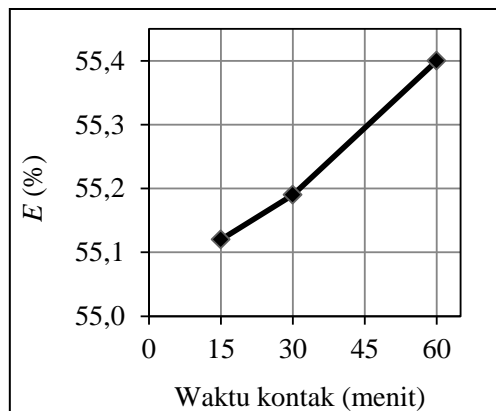
Nama sampel	Waktu kontak	Kadar Pb (ppm)		
		Ulangan I	Ulangan II	Rata-rata
W1	15 menit	4,8049	4,8011	4,8030
W2	30 menit	4,7951	4,7944	4,7948
W3	60 menit	4,7732	4,7718	4,7725



disebabkan waktu kontak mempengaruhi proses adsorpsi.

Tabel 4. Efisiensi penurunan kadar Pb berdasarkan variasi waktu kontak

Nama sampel	Waktu kontak (menit)	E (%)
W1	15	55,12
W2	30	55,19
W3	60	55,40

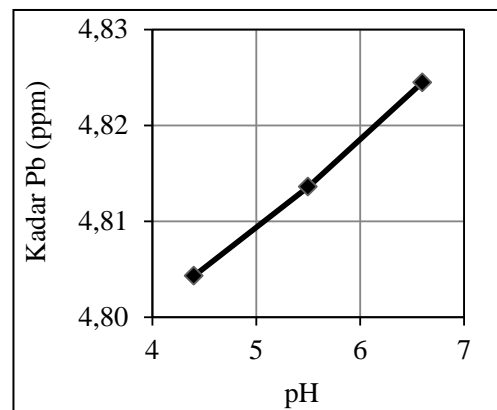


Gambar 4. Grafik E terhadap variasi waktu kontak

### 4.3 Variasi pH

#### 4.3.1 Penentuan Kondisi Terbaik

Pada Tabel 5 dan Gambar 5 dapat dilihat *trend* rata-rata kadar Pb yang dibentuk dari ulangan I dan ulangan II. Kemampuan penyerapan Pb oleh adsorben mengalami penurunan seiring meningkatnya pH. Hal ini disebabkan tingkat pH mempengaruhi kelarutan ion logam (Rangminang, 2009).



Gambar 5. Grafik penurunan kadar Pb terhadap variasi pH pada pengolahan minyak pelumas bekas dan pengulangannya

Tabel 5. Penurunan kadar Pb dengan variasi pH pada pengolahan minyak pelumas bekas dan pengulangannya

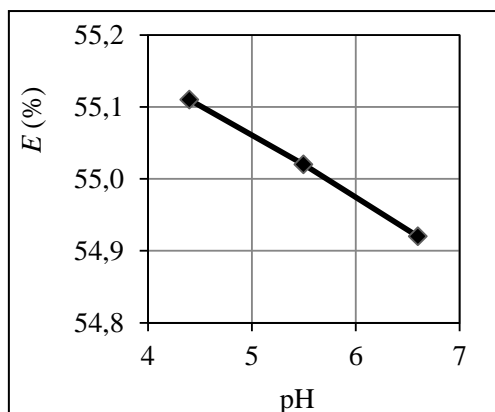
Nama sampel	pH	Kadar Pb (ppm)		
		Ulangan I	Ulangan II	Rata-rata
P1	4,4	4,8071	4,8014	4,8043
P2	5,5	4,8101	4,8171	4,8136
P3	6,6	4,8200	4,8290	4,8245

#### 4.3.2 Efisiensi Penurunan Kadar Pb

Dari Tabel 6 dan Gambar 6 dapat dilihat penurunan kadar Pb terhadap variasi pH pada pengolahan minyak pelumas bekas yang telah dilakukan. Hal ini disebabkan tingkat pH larutan mempengaruhi proses adsorpsi.

Tabel 6. Efisiensi penurunan kadar Pb berdasarkan variasi pH

Nama sampel	pH	E (%)
P1	4,4	55,11
P2	5,5	55,02
P3	6,6	54,92



Gambar 6. Grafik E terhadap variasi pH

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dalam penelitian ini maka

dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Pada pengolahan minyak pelumas bekas sebanyak 150 ml menggunakan metode *Acid Clay Treatment*, didapatkan kondisi terbaik pada konsentrasi adsorben 10 gram, waktu kontak 60 menit, dan tingkat keasaman pH 4,4.
- Efisiensi penurunan kadar Pb yang didapat dengan menggunakan metode *Acid Clay Treatment* adalah sebesar 56,71%.

## Daftar Pustaka

- Anonim. 2007. *Pengertian Pelumas*. <http://www.lumasmultisarana.com>. Diakses tanggal 13 Januari 2012.
- Azhari, Titien S. R. 1998. "Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)". *AKSIAL, Jurnal Teknologi, sains, Humaniora, dan Pengajarannya*. Nomor 4 Tahun I Edisi Oktober 1998.
- Fatha, A. 2007. *Pemanfaatan Zeolit Aktif untuk Menurunkan BOD dan COD Limbah Tahu*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Nabil M., dkk. 2010. "Waste Lubricating Oil Treatment by Adsorption Process Using Different Adsorbents". *Journal World Academy of Science, Engineering and Technology*. 62.
- Oscik, J. 1992. *Adsorption*. England: Ellis Horwood Ltd.

- P3KNLH (Pusat Pendidikan dan Pelatihan Kementerian Negara Lingkungan Hidup). 2008a. *Modul Diklat Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, Dampak Umum Limbah Bahan Berbahaya Beracun Terhadap Lingkungan dan Kesehatan Manusia*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- P3KNLH. 2008b. *Modul Diklat Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, Identifikasi Jenis dan Karakteristik Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Jakarta: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 1999 tentang *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*.
- Ramadhan, Bayu dan Handajani, Marisa. 2010. *Biosorpsi Logam Berat Cr (VI) dengan Menggunakan Biomassa Saccharomyces cerevisiae*. Bandung: ITB.
- Rangminang. 2009. *Adsorption*. <http://www.newworldencyclopedia.org>. Diakses tanggal 31 Januari 2012.
- Suprihatin dan Indasti, Nastiti Siswi. 2010. "Penyisihan Logam Berat dari Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi". *MAKARA, Sains*, Vol. 14, No.1 :44-50.

